

REGIONE:



COMUNE:



CASSANO SPINOLA

PROVINCIA:

PROVINCIA DI
ALESSANDRIA

PROGETTO:

Interventi di riassetto idraulico ed idrogeologico dell'asta del Rio Garigliano che interessa l'abitato - Lotto 1

CUP:E24H20000640001



Coordinate: Latitudine 44.764304 - Longitudine 08.864990

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

ai sensi del D.Lgs 50/2016 e s.m.i.

ALLEGATO N°

3

RELAZIONE IDRAULICA

DATA:

Ottobre 2021

PROTOCOLLO:

042-2021

PROGETTISTI:

Ing. Giorgio Scioldo
Ing. Roberto Sperandio
Geom. Valter Carniglia

TIMBRI E FIRME:

REV.:

REDATTO:

VALIDATO:

VERIFICATO:

RESPONSABILE PROCEDIMENTO:

1

Giorgio Scioldo

Roberto Sperandio

Valter Carniglia

Marcello Bocca



studio associato

STUDIO ASSOCIATO INGEOPROJECT

Ing. Giorgio Scioldo – Ing. Roberto Sperandio

Corso Matteotti, 12
10121 Torino
Tel +39 0115 113490
mail: info@ingeoproject.it

STUDIO TECNICO



STUDIO TECNICO

Geom. Valter Carniglia

Via Prato, 4
15060 Cantalupo Ligure AL
Tel +39 0143 90958
mail: info@carnigliastudio.it

1 SOMMARIO

1	Sommario	1
2	Riferimenti normativi	2
	Disciplina dei contratti pubblici	2
	Disciplina delle opere in conglomerato cementizio	2
	Disciplina delle opere di fondazione e di sostegno delle terre	2
3	Premessa	3
3.1	Descrizione delle scelte progettuali	3
4	Caratteristiche idrauliche del versante	6
4.1	Parametri morfometrici dei bacini	6
4.2	Parametri idrologici e pluviometrici	7
4.3	Portate di piena	12
5	Dimensionamento con Hec Ras.....	13
5.1	Condizioni al contorno.....	13
5.2	Coefficienti di scabrezza	14
5.3	Sezioni.....	20
6	Verifica tubazione esistente	23
7	Conclusioni	28

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

DISCIPLINA DEI CONTRATTI PUBBLICI

- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE».
- Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50 - Rev. 19 aprile 2019 «Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture».
- Decreto Legislativo 19 aprile 2017, n. 56 «Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50. Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50».
- Legge 11 settembre 2020, n. 120 - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 16 luglio 2020, n. 76, recante «Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitali»

DISCIPLINA DELLE OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

- Legge n. 1086 del 05/11/1971. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n. 64 del 02/02/1974. Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Testo Unico delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 14 gennaio 2008.
- Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009.
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 17/01/2018.
- Circolare Ministeriale n. 7 del 21 gennaio 2019.

DISCIPLINA DELLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO DELLE TERRE

- D.M. 9 gennaio 1996 Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 gennaio 1996 Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. 16 gennaio 1996 Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche. - Circolare Ministero LL.PP. 15 ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni.
- Testo Unico delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 14/01/2008.
- Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009.
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 17/01/2018.
- Circolare Ministeriale n. 7 del 21 gennaio 2019.

3 PREMESSA

La presente Relazione Generale è stata redatta ai sensi degli articoli da Art. 14 a Art. 43 raccolti al Titolo II - "Progettazione e verifica del progetto" Capo I - "Progettazione" del D.P.R. n° 207 del 5 ottobre 2010, come prescritto dall'Art. 216 «Disposizioni transitorie e di coordinamento» del Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50 - Rev. 19 aprile 2019, che al Comma 4 recita: "Fino alla data di entrata in vigore del decreto di cui all'articolo 23, comma 3, continuano ad applicarsi le disposizioni di cui alla parte II, titolo II, capo I e titolo XI, capi I e II, nonché gli allegati o le parti di allegati ivi richiamate, con esclusione dell'articolo 248, del decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207. Fino all'adozione delle tabelle di cui all'articolo 23, comma 16, continuano ad applicarsi le disposizioni di cui ai decreti ministeriali già emanati in materia."

3.1 DESCRIZIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI

La presente Relazione ha lo scopo di fornire i chiarimenti atti a dimostrare la rispondenza del progetto alle finalità dell'intervento, il rispetto del prescritto livello qualitativo, dei conseguenti costi e dei benefici attesi.

Il presente Progetto costituisce uno stralcio relativo al finanziamento parziale di € 250 000,00, precedentemente citato, identificato dal CUP E24H20000640001.

Gli interventi, in una visione complessiva relativa alla sistemazione delle problematiche idrogeologiche dell'intero bacino del Rio Garigliano, possono essere sinteticamente riassunti come segue:

1. sistemazione del Rio Garigliano nel tratto boscato a monte dell'abitato, fino all'imbocco del tratto intubato che attraversa il concentrico urbano per sfociare infine nel Torrente Predazzo;
2. regimazione delle acque nella porzione di monte dell'abitato, soggetta a frequenti allagamenti;
3. razionalizzazione dei tratti intubati che percorrono l'intero concentrico, possibilmente conseguendo la separazione tra acque bianche e rete fognaria mista.





Le immagini riportate nelle pagine precedenti illustrano gli effetti dell'evento alluvionale del novembre 2019, in particolare la prima immagine in via Brionte [1] e in via Garigliano [2] le altre quattro.



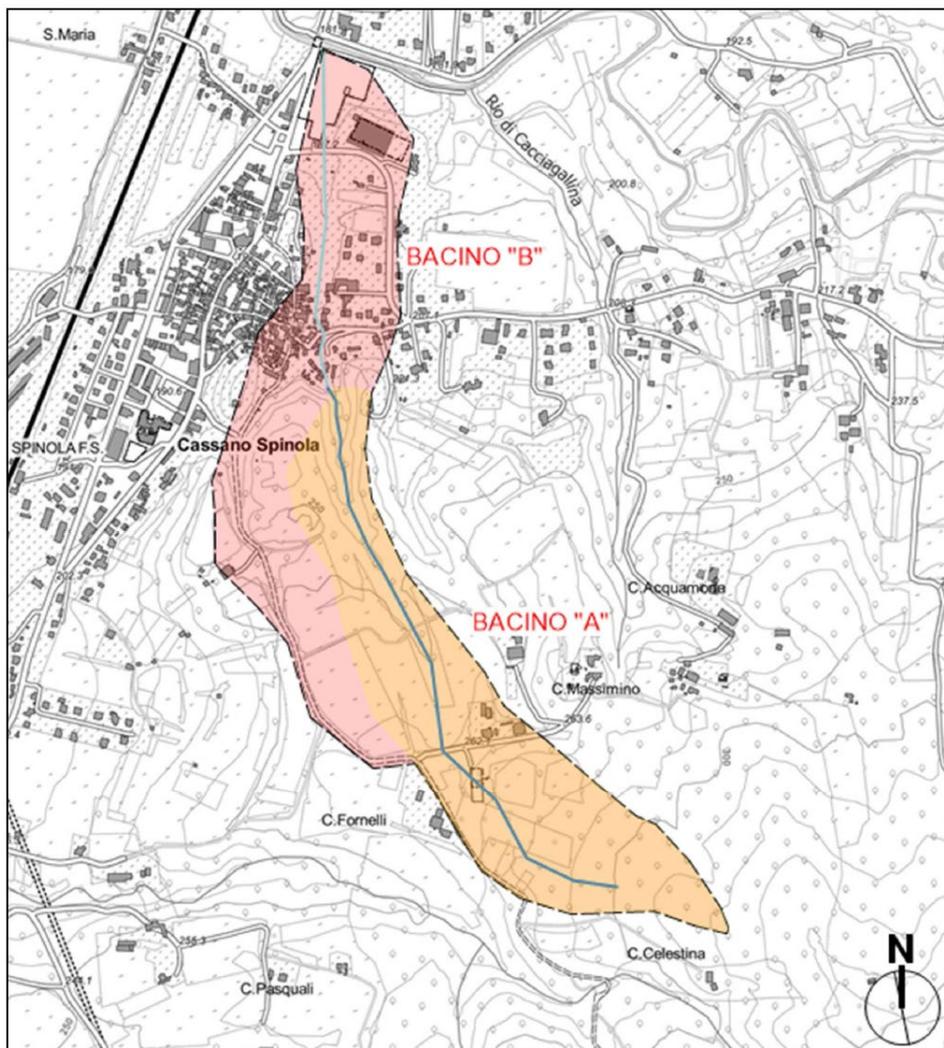
4 CARATTERISTICHE IDRAULICHE DEL VERSANTE

Nel seguente capitolo si riporta un estratto della Relazione Geologica relativa al “riassetto idraulico ed idrogeologico dell’asta del Rio Garigliano” redatta dal Geologo Dr. Marco Puddu relativa al calcolo delle portate del Rio in oggetto.

In previsione delle opere previste da progetto, è stato eseguito uno studio sulle caratteristiche idrauliche del versante a monte degli interventi in progetto. L’area è stata così suddivisa in due bacini idrografici con chiusura alla quota dell’inizio del rio tombinato per il bacino “A” e alla quota del campo sportivo, ovvero dove il rio Garigliano si immette nel rio Predasso, per il bacino “B”.

4.1 PARAMETRI MORFOMETRICI DEI BACINI

Nella tabella seguente vengono riportati i parametri morfometrici dei bacini interessati, basandosi sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, della quale viene riportato uno stralcio di seguito.



Parametri morfometrici dei bacini:

	Superficie sottesa (km ²)	Lunghezza asta principale (m)	Quota sez chiusura (m slm)	Quota max. (m slm)	Quota media (m slm)	Pendenza media versanti (im) (%)
Bacino A	0,191	1061	210	340	275	12
Bacino B	0,374	1651	180	340	260	7

4.2 PARAMETRI IDROLOGICI E PLUVIOMETRICI

Appare chiaro che in una verifica idraulica il parametro fondamentale risulta essere quello della portata di piena, in considerazione del fatto che, per il rio in oggetto, non sono disponibili misure dirette di portata e nemmeno stime attendibili, la valutazione delle portate di piena dovrà essere derivata da dati meteorologici; pertanto ci si è basati su dati forniti dall’Autorità di Bacino del fiume Po, e in particolare sulla “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” utilizzando i parametri caratteristici (a, n) della curva di possibilità pluviometrica massima per differenti tempi di ritorno (20, 100, 200, 500) riportati dall’Allegato 3 “Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense” della suddetta direttiva.

I valori riportati in tabella 2 rappresentano i valori riferiti alla cella CQ122 del reticolo chilometrico di riferimento sulle quali si estendono i bacini studiati.

Parametri di piovosità:

T=20 anni		T=100 anni		T=200 anni		T=500 anni	
a	n	a	n	a	n	a	n
51,53	0,357	68,62	0,354	75,91	0,353	85,55	0,352

Di seguito vengono descritti i parametri principali utilizzati nei calcoli:

Portata (Q): la portata rappresenta il volume di acqua che passa attraverso una data sezione nell’unità di tempo, nel presente studio la portata viene calcolata in base al metodo razionale la cui espressione analitica è la seguente:

$$Q = \frac{i_{tc} \cdot S \cdot C}{3,6}$$

Dove:

- Q: portata di massima piena espressa in m³/s
- $i_{tc} = h_{tc}/T_c$: intensità di pioggia media per il tempo di corrivazione, espressa in mm/h
- h_{tc} : altezza di pioggia in mm, per un tempo pari al tempo di corrivazione
- T_c : tempo di corrivazione espresso in ore
- S: superficie del bacino espressa in km²
- C: coefficiente di deflusso (tiene conto dell’infiltrazione)

Tempo di corrivazione (T_c): rappresenta il tempo impiegato da una particella d'acqua a raggiungere il punto di misura, partendo il punto più distante ad esso sotteso. Per questo calcolo si è optato per la formula di Tournon (1973) derivante dalla proposta di Giandotti (1934):

$$T_c = 0,396 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_a}} \cdot \left(\frac{A}{L^2} \cdot \frac{\sqrt{i_a}}{\sqrt{i_m}} \right)^{0,72}$$

Dove:

- A: superficie del bacino (km²)
- L: lunghezza asta principale (km)
- ΔH : differenza tra altitudine media e altitudine della sezione di chiusura (m)
- i_a : pendenza caratteristica dell'asta principale
- i_m : pendenza media del bacino

Si è scelto di utilizzare questo metodo di calcolo, seppure più adatto a bacini più grandi, in quanto a causa delle caratteristiche morfologiche del bacino in oggetto fornisce valori dal buon grado di attendibilità, a differenza della formula di Giandotti che sottostima il risultato.

Il valore del tempo di corrivazione calcolato con il metodo sopra esposto pertanto è il seguente:

- Bacino "A" $T_c = 0,517$ h pari a circa 0h e 31'
- Bacino "B" $T_c = 0,687$ h pari a circa 0h e 41'

Pioggia critica (P_c): rappresenta la quantità di acqua che cade durante il tempo di corrivazione.

L'intensità di pioggia da adottare è quella relativa ad un evento meteorico di durata pari al tempo di corrivazione del bacino che si sta esaminando. Il parametro di pioggia critica è definito anche come la precipitazione di durata uguale o maggiore del tempo di corrivazione, capace quindi di provocare un'onda di piena in corrispondenza della sezione considerata. Si fa inoltre notare che il dato direttamente ottenuto dai parametri meteorologici risulta solitamente sovrastimato in quanto si dovrebbero ragguagliare le altezze di pioggia alle superfici alle quali sono attribuite per tener conto del fatto che nessun evento meteorico può presentarsi con altezza assolutamente costante su un'intera estensione.

La pioggia critica è espressa dalla curva caratteristica di possibilità pluviometrica che è rappresentata dalla seguente equazione generale:

$$P_c = a \cdot T^n$$

Dove:

- T: tempo di corrivazione (ore)
- a, n: parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica e variano arealmente.

Considerando i valori di a ed n riportati in precedenza per i diversi tempi di ritorno si ottiene:

	T=20 anni (mm)	T=100 anni (mm)	T=200 anni (mm)	T=500 anni (mm)
Bacino A	40,72 mm	54,33 mm	60,14 mm	67,82 mm
Bacino B	45,07 mm	60,08 mm	66,49 mm	74,96 mm

Coefficiente di deflusso (C): è il rapporto tra la quantità di deflusso e la quantità di afflusso, riferiti ad una determinata sezione di chiusura.

Come è noto, non tutto il volume di acqua che precipita in un bacino contribuisce alla formazione delle portate in un fiume, torrente o qualsivoglia corpo idrico. Solo la parte che non viene assorbita dal terreno determina il volume di afflusso: naturalmente, tale quantità d'acqua dipende da fattori inerenti la morfologia del bacino, la sua permeabilità, la copertura vegetale, ecc.

Esistono diversi metodi che portano alla determinazione del coefficiente di deflusso, nella presente indagine si utilizza il metodo di Kennessey, applicabile soprattutto a piccoli bacini, per la determinazione di tale importante parametro.

Il suo valore è determinato dalla somma tre indici legati, rispettivamente, all'acclività topografica media del bacino (C_a), alla sua copertura vegetale (C_v) e alla permeabilità media dello stesso (C_p).

I parametri climatici utilizzati sono quelli dell'atlante regionale dei dati meteo, mentre per quanto riguarda i dati sulle pendenze, derivano da una discretizzazione operata sul bacino utilizzando come base dati la carta tecnica regionale in formato vettoriale, per quanto riguarda la copertura vegetale sono state usate le fotografie aeree per determinare i diversi tipi di utilizzo del suolo, mentre per la permeabilità si è fatto ricorso a dati di indagini e prove eseguite dallo scrivente nelle vicinanze o in zone con caratteristiche geologiche assimilabili.

Le schede nelle pagine seguenti riportano, oltre al valore del coefficiente di deflusso risultante dai calcoli, anche i dati utilizzati per l'analisi.

Stima del Coefficiente di deflusso Cd (Kennessey, 1930)					
DATI					
Progetto:					
COMUNE	Cassano Spinola (AL)				
SOTTOBACINO	Rio Garigliano Bacino "A"				
STAZIONE PLUVIOMETRICA	Cella atlante regionale dati meteo				
STAZIONE TERMOMETRICA	Cella atlante regionale dati meteo				
PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA	P	443	mm		
PRECIPITAZIONE MESE + ARIDO	p	1,2	mm		
TEMPERATURA MEDIA ANNUA	T	13,6	°C		
TEMPERATURA MESE + ARIDO	t	22,90	°C		
$Ia = \frac{P}{T+10} + \frac{12p}{t}$ INDICE DI ARIDITA'					
INDICE DI ARIDITA'		Ia	9,7		
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Ca - acclività	> 35 %	0,22	5,00%	0,011	0,063
	10 - 35 %	0,12	40,00%	0,048	
	3,5 - 10 %	0,01	40,00%	0,004	
	< 3,5 %	0,00	15,00%	0,000	
	100,00%				
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Cp - permeabilità	molto bassa	0,21	45,00%	0,095	0,152
	medioere	0,12	40,00%	0,048	
	buona	0,06	15,00%	0,009	
	elevata	0,03	0,00%	0,000	
	100,00%				
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Cv - vegetazione	roccia	0,26	5,00%	0,013	0,068
	pascolo	0,17	0,00%	0,000	
	coltivo	0,07	65,00%	0,046	
	bosco	0,03	30,00%	0,009	
	100,00%				
RISULTATI					
$Cd = Ca + Cv + Cp$					
COMPONENTE ACCLIVITA'		Ca	0,063		
COMPONENTE COPERTURA VEGETALE		Cv	0,068		
COMPONENTE PERMEABILITA'		Cp	0,152		
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO		Cd	0,282		

Stima del Coefficiente di deflusso Cd (Kennessey, 1930)					
DATI					
Progetto:					
COMUNE	Cassano Spinola (AL)				
SOTTOBACINO	Rio Garigliano_Bacino "B"				
STAZIONE PLUVIOMETRICA	Cella atlante regionale dati meteo				
STAZIONE TERMOMETRICA	Cella atlante regionale dati meteo				
PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA	P	443	mm		
PRECIPITAZIONE MESE + ARIDO	p	1,2	mm		
TEMPERATURA MEDIA ANNUA	T	13,6	°C		
TEMPERATURA MESE + ARIDO	t	22,90	°C		
$Ia = \frac{P}{T+10} + \frac{12p}{t}$ INDICE DI ARIDITA'					
INDICE DI ARIDITA'		Ia	9,7		
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Ca - acclività	> 35 %	0,22	5,00%	0,011	0,051
	10 - 35 %	0,12	30,00%	0,036	
	3,5 - 10 %	0,01	40,00%	0,004	
	< 3,5 %	0,00	25,00%	0,000	
	100,00%				
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Cp - permeabilità	molto bassa	0,21	55,00%	0,116	0,164
	mediocre	0,12	35,00%	0,042	
	buona	0,06	10,00%	0,006	
	elevata	0,03	0,00%	0,000	
	100,00%				
COEFFICIENTE	VALORE	COEFF. TABELLA	INCIDENZA	COEFF. CALCOL.	COEFF. ADOTTATO
Cv - vegetazione	roccia	0,26	5,00%	0,013	0,064
	pascolo	0,17	0,00%	0,000	
	coltivo	0,07	55,00%	0,039	
	bosco	0,03	40,00%	0,012	
	100,00%				
RISULTATI					
$Cd = Ca + Cv + Cp$					
COMPONENTE ACCLIVITA'				Ca	0,051
COMPONENTE COPERTURA VEGETALE				Cv	0,064
COMPONENTE PERMEABILITA'				Cp	0,164
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO				Cd	0,278

4.3 PORTATE DI PIENA

Dall'analisi dei dati sopra esposti si possono derivare le portate di piena nella tabella seguente si riportano i valori di portata calcolati con il metodo razionale per differenti tempi di ritorno delle precipitazioni.

Considerando una precipitazione con tempo di ritorno pari a 500 anni la portata risultante è pari a circa 1,96 m³/s per il bacino A e di 3,15 m³/s per il bacino B.

Portate di piena per differenti tempi di ritorno

	T=20 anni	T=100 anni	T=200 anni	T=500 anni
Bacino A m ³ /s	1.18	1.57	1.74	1.96
Bacino B m ³ /s	1.89	2.52	2.79	3.15

In sede di calcolo, si utilizzeranno come valori di portata di progetto sia il valore corrispondente ad un tempo di ritorno di 20 anni (Q_{20}) arrotondato al decimale superiore, sia quello corrispondente a un tempo di ritorno di 200 anni (Q_{200}) sempre arrotondato al decimale superiore.

5 DIMENSIONAMENTO CON HEC RAS

L'analisi idraulica è stata condotta con modello numerico di moto permanente (o gradualmente variato) HEC-RAS - Version 4.1 – by Hydrologic Engineering Center of US Army Corp of Engineering.

Per il calcolo del profilo di corrente in moto permanente (o gradualmente variato) il codice HEC-RAS utilizza un procedimento iterativo passo a passo basato sulla soluzione dell'equazione di bilancio energetico tra sezioni successive.

$$WS_2 + \frac{(\alpha_1 \cdot V_2^2)}{2g} = WS_1 + \frac{(\alpha_2 \cdot V_1^2)}{2g} + h_e$$

Dove:

WS_1 e WS_2 rappresentano il livello idrico rispettivamente di valle e di monte;

V_1 e V_2 indicano la velocità media rispettivamente di valle e di monte;

α_1 e α_2 sono coefficienti numerici di velocità;

g è l'accelerazione di gravità;

h_e rappresenta la perdita di carico.

5.1 CONDIZIONI AL CONTORNO

Il software hec ras richiede la definizione di condizioni al contorno nel tratto di monte e valle del corpo idrico analizzato. La funzione Reach boundary conditions definisce le condizioni al contorno (selezionando la posizione: monte/valle), per le quali HEC-RAS permette di scegliere fra quattro possibili opzioni:

- Known W.S.: si fornisce il valore noto di altezza del pelo libero, indicato rispetto alla quota del piano di riferimento assunto per le quote relative alle sezioni trasversali;
- Critical depth: si assume come altezza del pelo libero l'altezza critica, automaticamente calcolata per ogni profilo;
- Normal depth: si assume come altezza del pelo libero l'altezza relativa al moto uniforme che il programma calcola per ogni profilo; bisogna fornire in questo caso la pendenza della linea dei carichi totali, che si può approssimare con la pendenza del tratto di canale a monte;
- Rating curve: si fornisce la scala di deflusso relativa alla sezione considerata (curva altezza portata), attraverso la quale il programma procede mediante interpolazione per la determinazione dell'altezza correlata.

Per quanto riguarda l'estremo di monte si è assunta la condizione al contorno Normal depth ed è stata inserita la pendenza media del tratto a monte della sezione iniziale

Pendenza di monte $i_m = 0.1$

Le condizioni al contorno e le condizioni di scabrezza sono rimaste invariate sia nella simulazione con portata Q200

5.2 COEFFICIENTI DI SCABREZZA

Il tratto del Rio Garigliano in esame attraversa presenta sponde con scabrezze differenti, si ha sponde in materiale con grana grossa in aree naturaleggianti e scogliere.

Questa varietà di copertura del suolo determina la presenza di diversi gradi di resistenza offerta al moto dell'acqua, quindi perdite di carico idraulico che cambiano a seconda della rugosità del terreno. Per questo motivo è stato necessario valutare nel dettaglio i valori da attribuire alla scabrezza per le varie classi di uso del suolo, al fine di ottenere una corretta analisi del moto della corrente.

La scabrezza è stata valutata tramite il coefficiente di Strickler $k [m^{1/3}s^{-1}]$, e utilizzata nei modelli attraverso il coefficiente di Manning $n=1/k [m^{-1/3}s]$. Particolare attenzione è stata dedicata all'individuazione della scabrezza delle superfici su cui avviene il deflusso. Tale parametro riveste una notevole importanza nel calcolo delle reali sezioni di deflusso e, quindi, delle eventuali aree esondate. Tuttavia, il valore del coefficiente di Manning, che rappresenta la scabrezza, non è facilmente determinabile, in quanto variabile da sezione a sezione e all'interno di ogni sezione, a seconda delle caratteristiche idrauliche dell'onda di piena in arrivo, e persino in funzione del periodo dell'anno in cui accade l'evento; questa indeterminatezza si ripercuote sui risultati del calcolo.

La scabrezza di ogni sezione, espressa tramite il coefficiente di Manning, viene stimata a partire da un rilievo diretto volto (secondo la metodologia proposta da Cowan e dall'U.S. Soil Conservation Service) a specificare le caratteristiche qualitative dell'alveo che hanno influenza sulla scabrezza. Sulla base di queste rilevazioni è stato stimato il coefficiente di Manning sezione per sezione seguendo la classificazione proposta da V.T. Chow e mediante confronto con casi reali osservati e presentati dall'U.S. Geological Survey¹.

Per quanto riguarda le sezioni naturali del torrente Pesio si sono considerati i valori di scabrezza seguenti:

- $0,03 s/m^{1/3}$ per la porzione centrale

Il materiale presente in alveo è riconducibile ad una pezzatura media, con diffusa presenza di ciottoli e grossi blocchi in parte sommersi, in parte emergenti. Le sponde sono fittamente vegetate, con

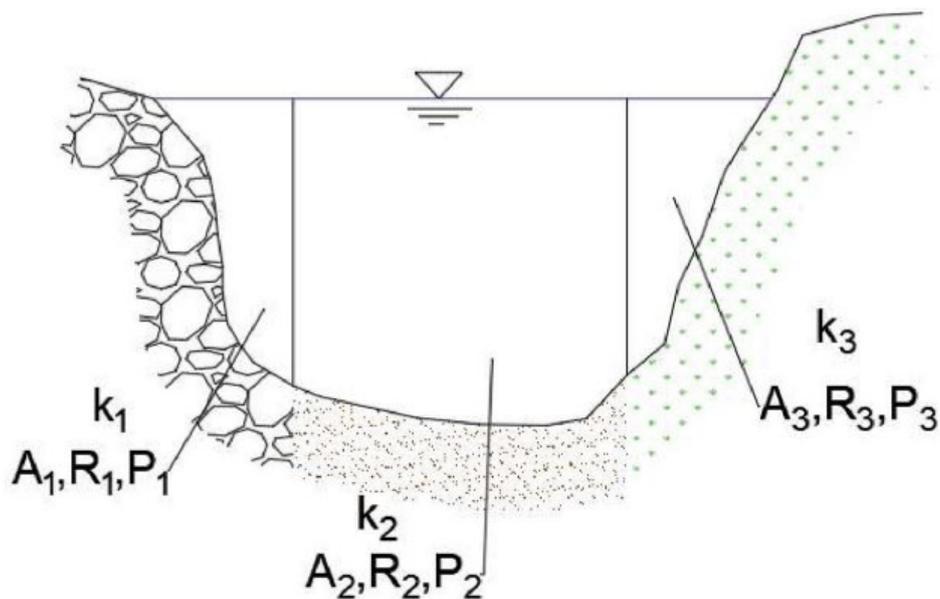
arbusti ed alberi fino a ridosso della corrente. I parametri caratteristici che si possono stimare sulla base di un esame visivo

sono:

- $d_{90} = 300 \text{ mm}$;
- $d_{50} = 50 \text{ mm}$.

Dalla letteratura è stato infine determinato un valore per il coefficiente di scabrezza di base.

Poiché le sezioni trasversali del corso d'acqua sono generalmente costituite da tratti a scabrezza diversa, è stato necessario riferirsi a un coefficiente di scabrezza equivalente. Per il calcolo di questo coefficiente, sono state individuate diverse situazioni che si verificano lungo il corso del fiume. L'area di ciascuna sezione è stata suddivisa in sotto aree, separate da linee verticali, lungo le quali gli sforzi tangenziali sono stati considerati nulli e all'interno delle quali in moto si è supposto uniforme.



Esempio di suddivisione di una sezione tipo in sub aree a scabrezza differente.

Per ciascuna sezione tipo è stato calcolato il coefficiente di scabrezza equivalente, secondo la formulazione di Lotter-Engelund, sotto l'ipotesi di alveo inciso completamente pieno, dal momento che l'analisi riguarda condizioni di piena tali per cui tutta la sezione dell'alveo attivo risulta interessata dal flusso dell'acqua.

I valori ottenuti sulle singole sezioni sono stati poi estesi all'intero tratto di cui ogni sezione era rappresentativa.

Considerando una sezione costituita dai tratti a scabrezza costante si ha:

$$K_{eq} = \frac{\sum k_i A_i R_i^{0.67}}{A R_{eq}^{0.67}}$$

Dove:

- k_i è la scabrezza relativa ogni tratto;
- A_i è l'area bagnata relativa a ogni tratto;
- R_i è il raggio idraulico di ogni tratto;
- A è l'area bagnata della sezione;
- R_{eq} è il raggio idraulico equivalente

I valori di scabrezza relativi presenti in letteratura ciascun tronco omogeneo, sono riportati nella tabella seguente:

Condizioni dell'alveo	Valori		
	Materiale costituente l'alveo	Terra	n0
	Roccia	0.025	
	Alluvione grossolana	0.028	
	Alluvione fine	0.024	
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n1	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della sezione Trasversale	Graduale	n2	0.000
	Variazione occasionale		0.005
	Variazione frequente		0.010÷0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n3	0.000
	Modesto		0.010÷0.015
	Apprezzabile		0.020÷0.030
	Elevato		0.040÷0.060
Effetto della vegetazione	Basso	n4	0.005÷0.010
	Medio		0.010÷0.025
	Alto		0.025÷0.050
	Molto alto		0.050÷0.100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m5	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

valori di scabrezza relativi

Tipologia del corso d'acqua	Gauckler-Strickler [m ^{1/3} s ⁻¹]
CORSI D'ACQUA MINORI (Raggio idraulico ~ 2 m; larghezza di piena < 30 m)	
Corsi d'acqua di pianura	
- alvei con fondo compatto, senza irregolarità	40÷45
- alvei regolari con vegetazione erbacea	30÷35
- alvei con ciottoli e irregolarità modeste	25÷30
- alvei fortemente irregolari	15÷25
Torrenti montani	
- fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi	25÷30
- alveo in roccia regolare	25÷30
- fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi	15÷20
- alveo in roccia irregolare	15÷20
CORSI D'ACQUA MAGGIORI (Raggio idraulico ~ 4 m; larghezza di piena > 30 m)	
- sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa	40÷45
- sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa	35
- sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea	25÷30
- in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea	20÷25
AREE GOLENALI (Raggio idraulico ~ 1m)	
- a pascolo, senza vegetazione arbustiva	20÷40
- coltivate	20÷50
- con vegetazione arbustiva spontanea	10÷25
- con vegetazione arborea coltivata	20÷30
Alveo artificiale in terra	
- materiale compatto, liscio	60
- sabbia compatta, con argilla o pietrisco	50
- sabbia e ghiaia, scarpata lastricata	45÷50
- ghiaietto 10-30 mm	45
- ghiaia media 20-60 mm	40
- ghiaia grossa 50-150 mm	35
- limo in zolle	30
- grosse pietre	25÷30
- sabbia, limo o ghiaia, con forte rivestimento vegetale	20÷25
Alveo artificiale in roccia	
- con lavorazione accurata	25÷30
- con lavorazione media	20÷25
- con lavorazione grossolana	15÷20
Alveo artificiale in muratura	
- muratura in pietra da taglio	70÷80
- muratura accurata in pietra da cava	70
- muratura normale in pietra da cava	60
- pietre grossolanamente squadrate	50
- scarpate lastricate, fondo in sabbia e ghiaia	45÷50
Alveo artificiale in calcestruzzo	
- pavimentazione in cemento	100
- calcestruzzo con casseforme metalliche	90÷100
- calcestruzzo con intonaco	90÷95
- calcestruzzo lisciato	90
- intonaco di cemento intatto	80÷90
- calcestruzzo con casseforme in legno, senza intonaco	65÷70
- calcestruzzo costipato, superficie liscia	60÷65
- calcestruzzo vecchio, superficie pulita	60
- rivestimento in calcestruzzo ruvido	55
- superfici irregolari in calcestruzzo	50

Coefficiente scabrezza c di Gauckler-Strickler per corsi d'acqua naturali

Per quanto riguarda le aree golenali sono state individuate quattro classi di uso del suolo: aree urbane, aree agricole, vegetazione fitta e vegetazione rada.

A ciascuna classe è stato innanzitutto attribuito un valore di coefficiente di scabrezza di riferimento K_{s0} , che non tiene in considerazione la presenza delle macro-rugosità, costituite da ostacoli, abitazioni, vegetazione. I

valori di K_{s0} sono stati ricavati dalla letteratura (Chow, 1959).

Successivamente è stato stimato il coefficiente di scabrezza effettivo, che tiene conto sia delle micro-rugosità che delle macro-rugosità (vegetazione e ostacoli rigidi). I valori del Ks effettivo sono stati determinati con la formula di Petryks e Bosmajian, che prevede preliminarmente la stima di alcuni parametri, valutati tramite sopralluoghi effettuati nell'ambito dello Studio di Fattibilità: spaziatura, diametro e coefficiente di resistenza

relativi alla vegetazione fitta e rada e alle aree urbane.

Dove:

- R_h è il raggio idraulico dell'area interessata;
- K_{s0} è il coefficiente di Strickler di riferimento del terreno;
- Λ_v è un parametro rappresentativo della densità della vegetazione, definito come:

$$\Lambda_v = C_R \frac{A_{pj}}{a_x a_y}$$

in cui A_{pj} è la sezione orizzontale di ingombro di una pianta, C_R è il coefficiente di resistenza, a_x e a_y sono le distanze tra le piante rispettivamente nella direzione della corrente e nella direzione perpendicolare alla corrente, i cui valori sono stati ricavati da tabelle. Laddove è presente vegetazione o urbanizzazione, i valori di scabrezza equivalente sono stati calcolati con la formula di Petryks e Bosmajian, mentre per le aree agricole dove la vegetazione risulta assente è stato una cortina impermeabile.

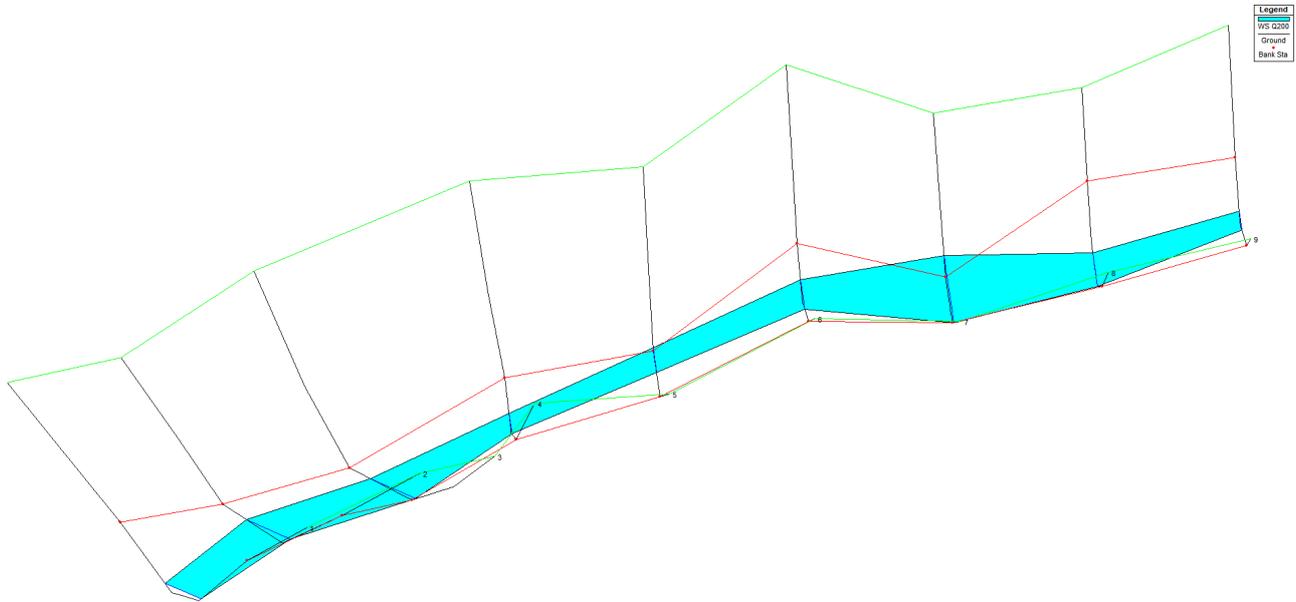
Le caratteristiche di scabrezza applicate in funzione dei livelli idrici raggiunti sono le seguenti:

Fondo alveo $n = 0.03$

Pareti in terra $n^\circ = 0.04$

Sulla base di questi parametri viene stimato il livello della portata con tempo di ritorno 200 anni.

Nell'immagine seguente è riportato il modello tridimensionale idraulico del Rio Garigliano a monte dell'abitato.



Nella tabella successiva sono riportati i valori idraulici ricavati dal modello idraulico di Hec-Ras.

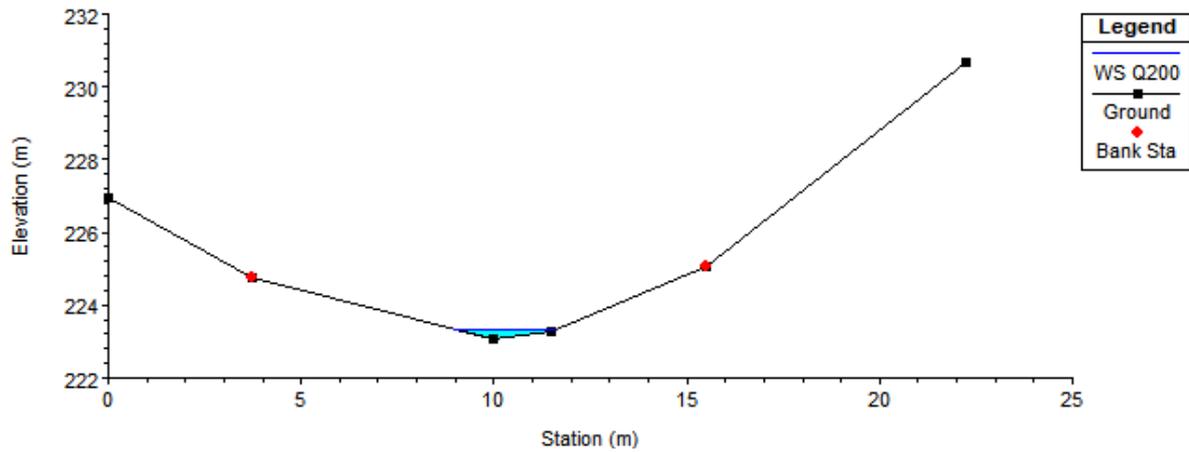
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Rio Garigliano Reach: Cassano Profile: Q200

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Cassano	9	Q200	1.74	223.05	223.33	223.53	224.24	0.200198	4.21	0.41	2.68	3.43
Cassano	8	Q200	1.74	220.72	220.91	221.04	221.69	0.325665	3.91	0.44	4.73	4.07
Cassano	7	Q200	1.74	218.99	219.70	219.22	219.71	0.000213	0.37	5.27	9.48	0.15
Cassano	6	Q200	1.74	219.03	219.55	219.55	219.69	0.014659	1.62	1.08	4.10	1.01
Cassano	5	Q200	1.74	214.67	214.78	214.97	218.79	3.302246	8.94	0.20	3.48	11.99
Cassano	4	Q200	1.74	211.37	211.66	211.85	212.54	0.207534	4.16	0.42	2.85	3.46
Cassano	3	Q200	1.74	209.04	209.25	209.40	210.06	0.296769	4.06	0.44	4.18	3.98
Cassano	2	Q200	1.74	208.76	209.26	209.27	209.41	0.017491	1.70	1.02	4.09	1.08
Cassano	1	Q200	1.74	208.59	209.01	209.05	209.21	0.022304	1.98	0.88	3.31	1.22

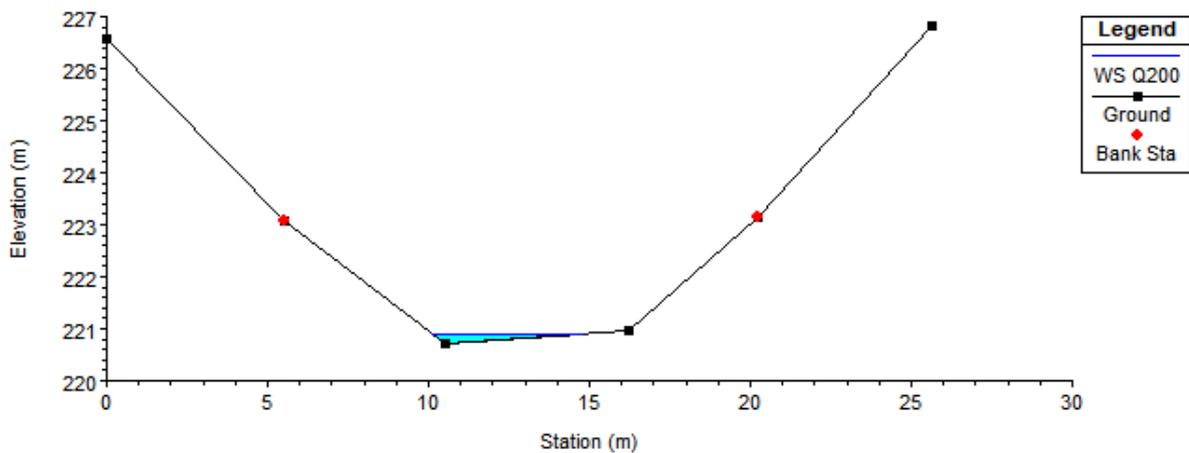
Successivamente sono riportate le sezioni utilizzate per la modellazione con il livello dell'acqua durante una piena con tempo di ritorno 200 anni.

5.3 SEZIONI

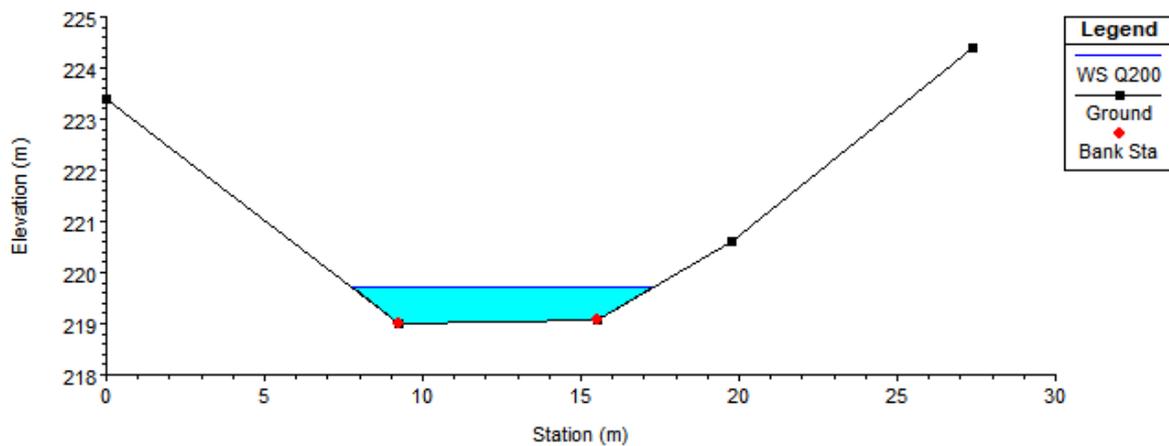
RS = 9 Sez.1



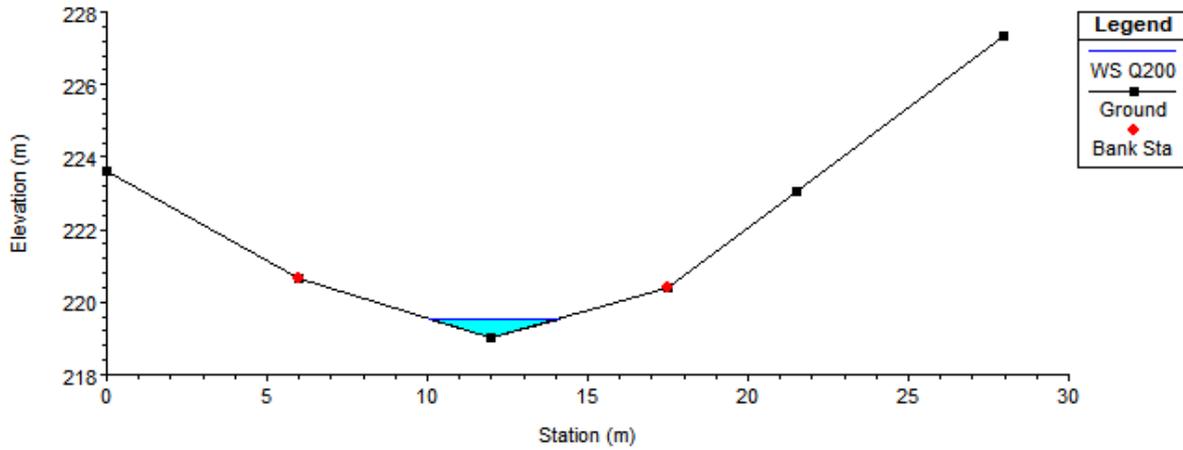
RS = 8 Sez.2



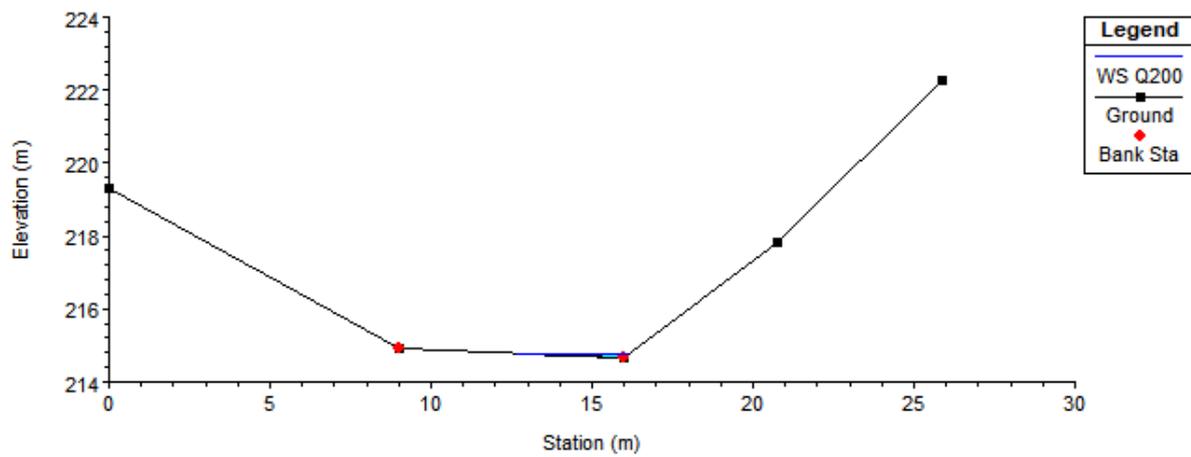
RS = 7 Sez.3



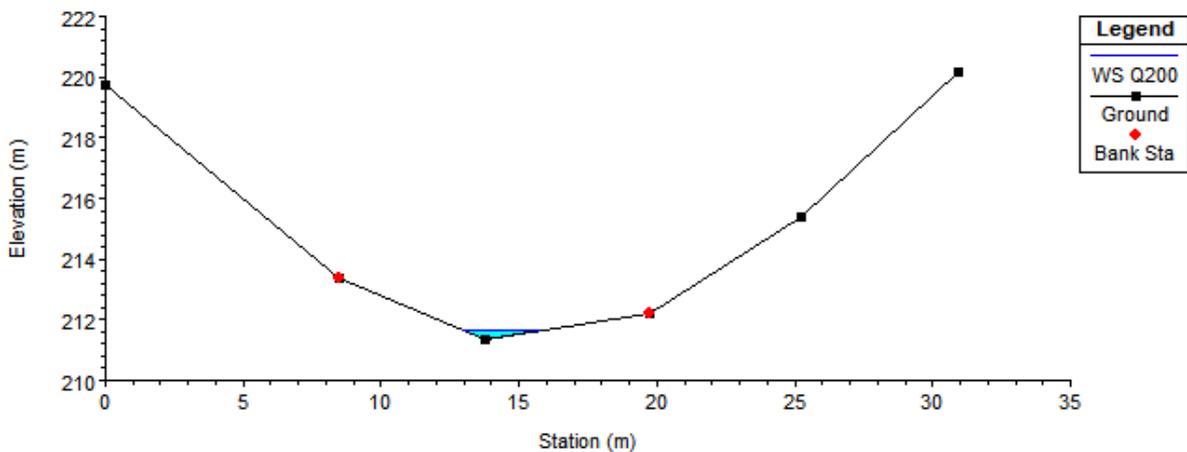
RS = 6 Sez.4



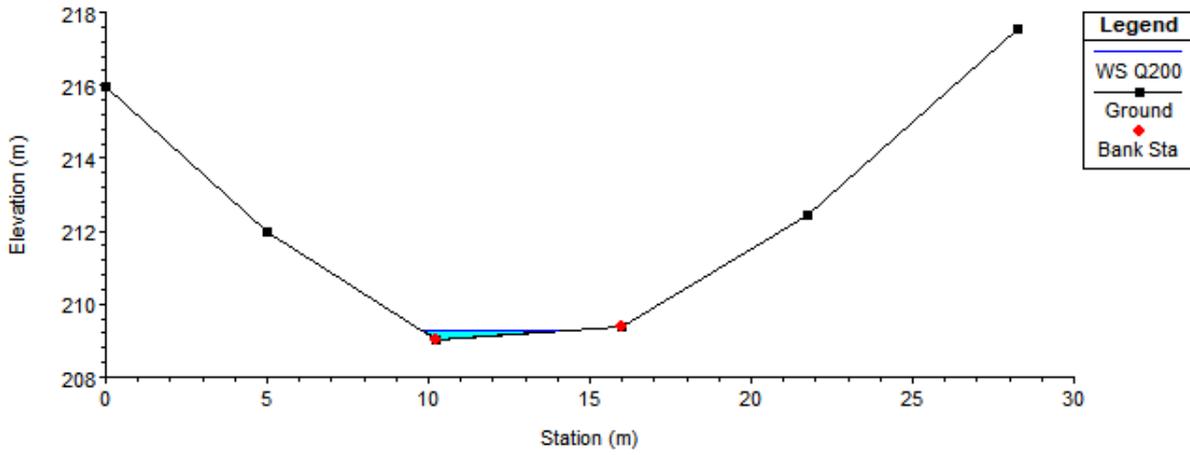
RS = 5 Sez.5



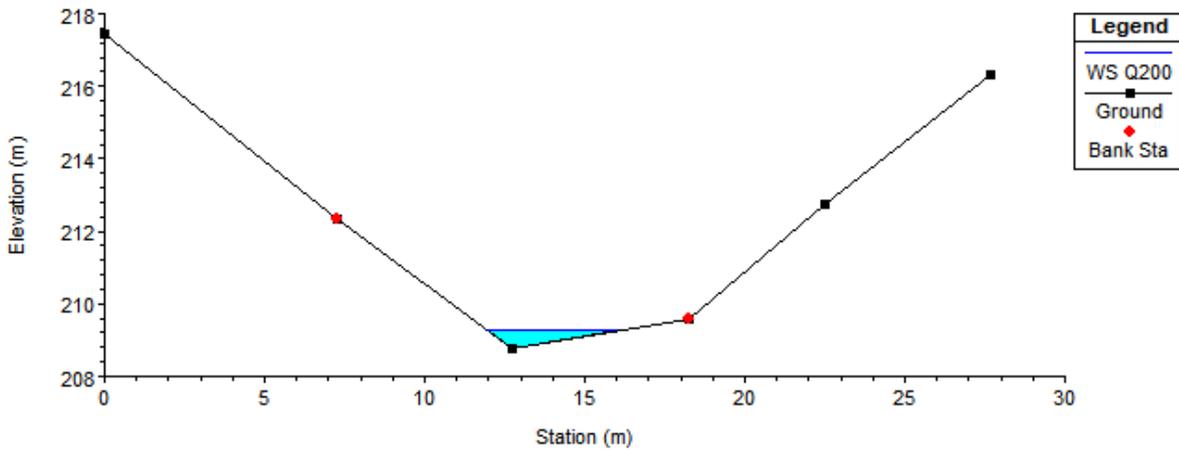
RS = 4 Sez.6



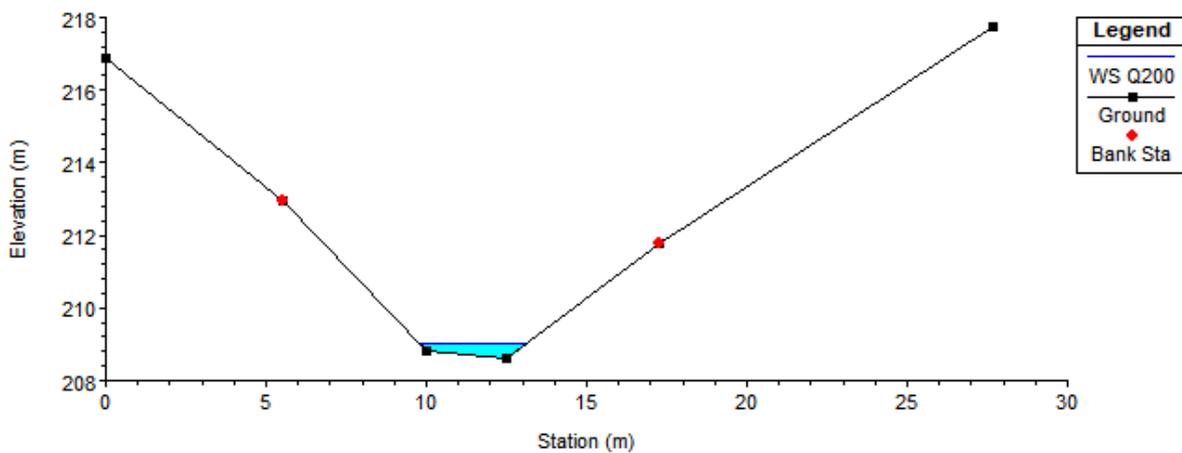
RS = 3 Sez.7



RS = 2 Sez.8



RS = 1 Sez.9



6 VERIFICA TUBAZIONE ESISTENTE

In questo capitolo viene verificato il canale a cielo aperto presente immediatamente a valle dell'attraversamento della Strada Provinciale.

Per una sezione data viene calcolato l'andamento dei valori di velocità ed altezza raggiunta dall'acqua in funzione della portata, nell'ipotesi che l'alveo abbia forma prismatica di lunghezza infinita.

La formula utilizzata dal programma è del tipo Chèzy:

$$V = \chi \sqrt{RJ}$$

Dove:

V = velocità media

R = raggio idraulico della sezione, uguale al rapporto fra l'area della sezione liquida ed il contorno bagnato

J = perdita di carico per m di tubo o di canale.

χ = coefficiente di attrito

ed è caratterizzata dalla seguente funzione di χ

$$\chi = 87 \frac{\sqrt{R}}{(\sqrt{R} + \gamma)}$$

dove γ = coefficiente di scabrezza

Il coefficiente numerico 87 ha le dimensioni di \sqrt{g} .

La tabella seguente riporta i valori del parametro γ essendo evidenziato in giallo il valore selezionato.

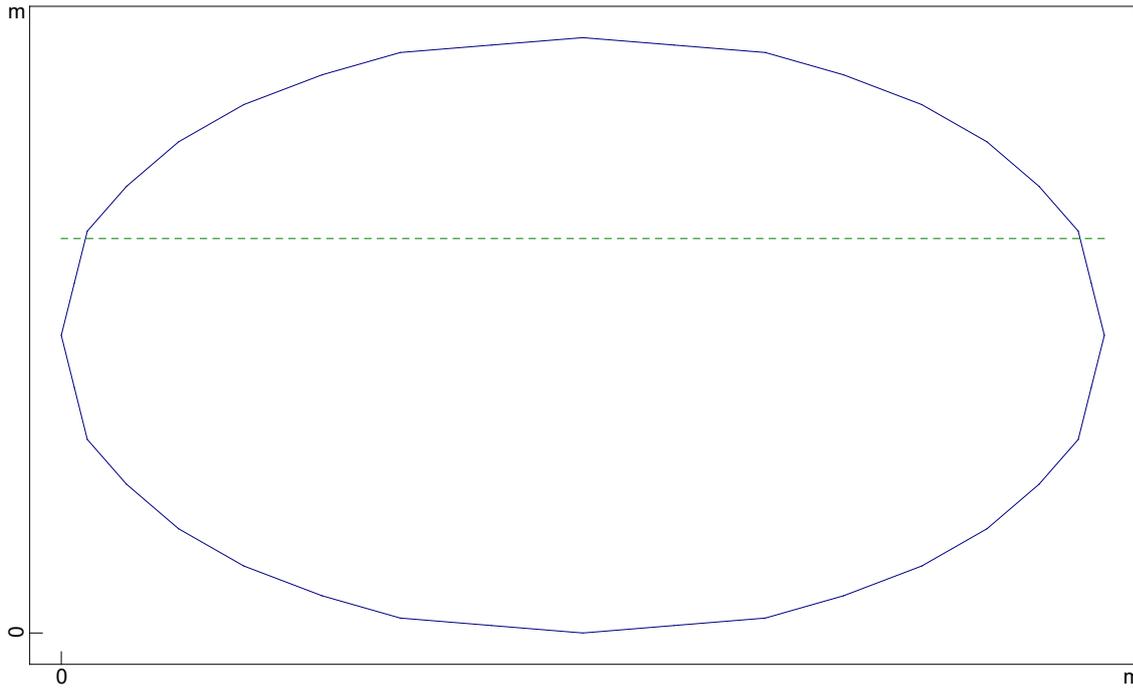
Classe	Natura delle pareti	Resistenza
1	Canali con pareti in cemento: cemento liscio con molta cura e mantenuto liscio, di non grandi dimensioni. Pareti di legno: tavole piallate e senza fessure, disposte con la maggiore dimensione secondo la direzione della corrente, ottima costruzione. Pareti metalliche o rivestite di lamiera: superficie liscia e senza ruggine, chiodatura a testa cieca, nessun risalto nelle giunzioni delle lamiere	0.06
2	Canali con pareti in cemento od in legno: come nella classe precedente ma curve, non molto ampie anche se ben eseguite, acqua non perfettamente limpida. Tubazioni in acciaio trafilato: nuove	0.10
3	Canali con pareti in cemento: intonaco ben eseguito ma non perfettamente liscio, leggeri risalti nei giunti. Pareti in legno: tavole piallate ma con qualche fessura fra le tavole. Pareti metalliche o rivestite di lamiera: chiodatura ordinaria, senza risalti fra le lamiere. Pareti in muratura: muratura regolare di mattoni o pietre squadrate. Tubazioni di ghisa: nuove, messe in opera con cura. In acciaio trafilato: in servizio corrente. In lamiera chiodata: chiodatura longitudinale doppia, giunti conici.	0.16

4	Tubazioni in cemento: ben lisciate e in buone condizioni, con diametro maggiore di 0.40 m, acqua limpida, condotte in lamiera con chiodature longitudinali triple, trasversali doppie	0.18
5	Tubazioni in cemento: con intonaco ben lisciate ma curve strette, acqua non limpida, diametro minore di 0.40 m. Tubazioni in ghisa: in servizio corrente di qualunque diametro	0.23
6	Canali con pareti di cemento: pareti non bene lisciate. Pareti in legno: tavole grezze e mal squadrate, con fessure fra le tavole. Canali in terra: costruzione molto regolare e ottima muratura ordinaria con costruzione accurata. Tubazione in ghisa: in servizio da molti anni incrostate e tubercolizzate.	0.36
7	Canali con pareti di cemento: con superficie intonacata solo in parte e risalti ai giunti, acque torbide con depositi, vegetazione di muschio, andamento tortuoso. Pareti di muratura: di pietrame ordinario non profilato.	0.46
7 bis	Grandi canali rivestiti in calcestruzzo originariamente grezzo o divenuto tale dopo lungo esercizio.	0.58
8	Grandi canali con rivestimento in parte deteriorato o coperto da depositi. Canali in terra: con sezione assai regolare, eventualmente rivestita in ciottoli. Lievi depositi che attenuano la scabrezza delle sponde, mancanza di vegetazione e curve assai ampie. Pareti in muratura: muratura irregolare, fondo abbastanza liscio con deposito di limo.	0.85
9	Canali con pareti metalliche o rivestite di lamiera: chiodatura ordinaria e risalti alle giunture. Canali in terra: costruzione abbastanza accurata, lievi depositi sul fondo e sponde lisce oppure senza depositi ma con erbe basse sulle sponde. Pareti in muratura: muratura vecchia, in cattive condizioni, fondo fangoso.	1.00
10	Canali in terra: sezione regolare, erbe basse sul fondo, qualche cespuglio sulle sponde; sviluppo della vegetazione limitato da periodici diserbamenti. Corsi d'acqua naturali: con andamento piuttosto regolare, senza vegetazione né sensibili depositi sul fondo.	1.30
11	Canali in terra: in cattive condizioni di manutenzione, grovigli di vegetazione sulle sponde e sul fondo, oppure depositi irregolari di massi e ghiaia, anche canali in terra eseguiti con escavatori meccanici e manutenzione trascurata.	1.75
12	Canali: scavati nel terreno in pieno abbandono, con rive sconnesse, oppure con gran parte della sezione ostruita dalla vegetazione. Corsi naturali: con alveo in ghiaia e movimento di materiale sul fondo	2.30

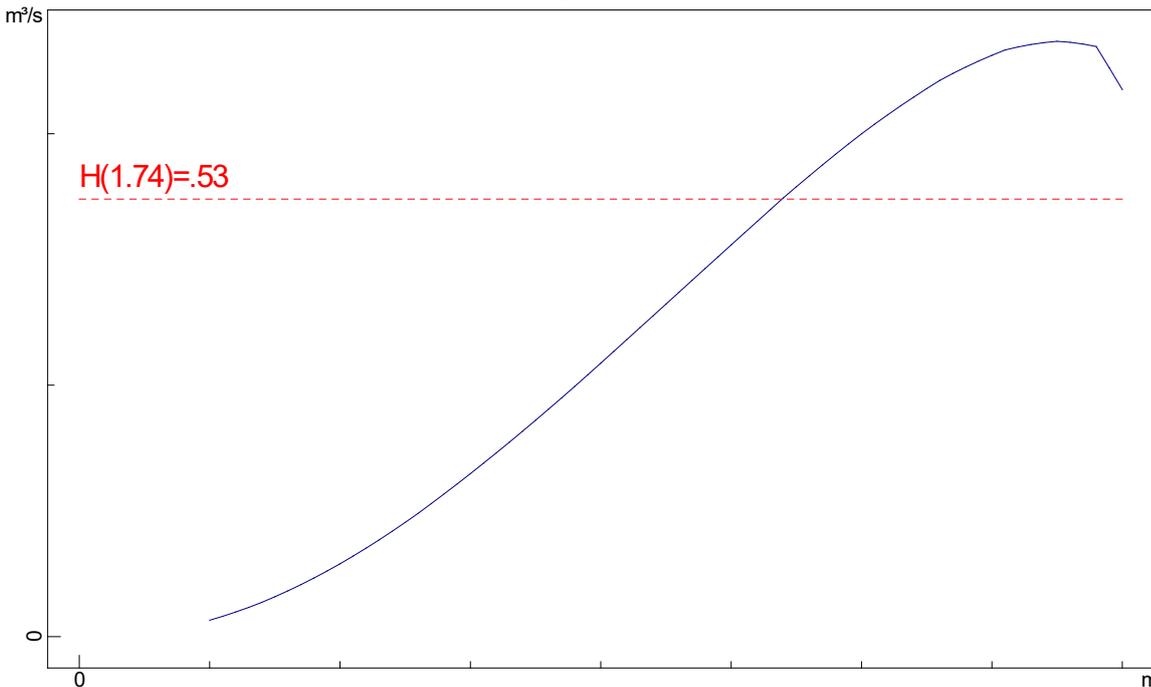
Nelle tabelle successive sono riportati i calcoli relativi alla tubazione esistente

Comune di Cassano Spinola
Interventi di riassetto idraulico ed idrogeologico
dell'asta del Rio Garigliano
PORTATA TUBAZIONE ESISTENTE
Tempo di ritorno 200 anni
Diametro 800 mm

SEZIONE



PORTATE



CALCOLO SEZIONI IDRAULICHE

Comune di Cassano Spinola
Interventi di riassetto idraulico ed idrogeologico
dell'asta del Rio Garigliano
PORTATA TUBAZIONE ESISTENTE
Tempo di ritorno 200 anni
Diametro 800 mm

PARAMETRI IDRAULICI

Coeff. gamma [m(½)]	0.36
Pendenza del canale [%]	4%

RISULTATI DEL CALCOLO

H [m]	Q [m ³ /s]	Sezione [m ²]	Perimetro [m]	Raggio idr. [m]	Velocità [m/s]
0.10	0.06	0.03	0.58	0.06	1.77
0.11	0.08	0.04	0.61	0.06	1.91
0.12	0.09	0.04	0.64	0.07	2.04
0.13	0.11	0.05	0.67	0.07	2.16
0.14	0.13	0.05	0.70	0.08	2.27
0.15	0.15	0.06	0.72	0.09	2.39
0.16	0.18	0.07	0.75	0.09	2.50
0.17	0.20	0.07	0.77	0.10	2.61
0.18	0.23	0.08	0.79	0.10	2.71
0.19	0.26	0.09	0.82	0.11	2.81
0.20	0.28	0.09	0.84	0.11	2.90
0.21	0.32	0.10	0.86	0.12	3.00
0.22	0.35	0.11	0.89	0.12	3.09
0.23	0.38	0.12	0.91	0.13	3.18
0.24	0.41	0.12	0.93	0.13	3.26
0.25	0.45	0.13	0.95	0.14	3.34
0.26	0.49	0.14	0.98	0.14	3.42
0.27	0.52	0.15	1.00	0.15	3.50
0.28	0.56	0.15	1.02	0.15	3.58
0.29	0.60	0.16	1.04	0.15	3.65
0.30	0.64	0.17	1.06	0.16	3.72
0.31	0.68	0.18	1.08	0.16	3.79
0.32	0.73	0.18	1.10	0.17	3.86
0.33	0.77	0.19	1.12	0.17	3.92
0.34	0.81	0.20	1.14	0.17	3.98
0.35	0.86	0.21	1.16	0.18	4.04
0.36	0.90	0.22	1.18	0.18	4.09

0.37	0.94	0.22	1.20	0.19	4.15
0.38	0.99	0.23	1.22	0.19	4.20
0.39	1.04	0.24	1.24	0.19	4.25
0.40	1.08	0.25	1.26	0.19	4.30
0.41	1.13	0.26	1.28	0.20	4.35
0.42	1.18	0.26	1.30	0.20	4.40
0.43	1.22	0.27	1.32	0.20	4.44
0.44	1.27	0.28	1.34	0.21	4.48
0.45	1.32	0.29	1.36	0.21	4.52
0.46	1.36	0.29	1.38	0.21	4.56
0.47	1.41	0.30	1.40	0.21	4.60
0.48	1.46	0.31	1.42	0.22	4.63
0.49	1.51	0.32	1.44	0.22	4.67
0.50	1.55	0.33	1.46	0.22	4.70
0.51	1.60	0.33	1.48	0.22	4.73
0.52	1.65	0.34	1.50	0.22	4.76
0.53	1.69	0.35	1.52	0.23	4.79
0.54	1.74	0.36	1.54	0.23	4.82
0.55	1.78	0.36	1.56	0.23	4.84
0.56	1.83	0.37	1.59	0.23	4.86
0.57	1.87	0.38	1.61	0.23	4.88
0.58	1.91	0.39	1.63	0.23	4.90
0.59	1.95	0.39	1.65	0.24	4.91
0.60	1.99	0.40	1.68	0.24	4.93
0.61	2.03	0.41	1.70	0.24	4.94
0.62	2.07	0.41	1.72	0.24	4.94
0.63	2.11	0.42	1.75	0.24	4.95
0.64	2.14	0.43	1.77	0.24	4.96
0.65	2.17	0.43	1.80	0.24	4.96
0.66	2.21	0.44	1.82	0.24	4.96
0.67	2.23	0.45	1.85	0.24	4.96
0.68	2.26	0.45	1.88	0.24	4.95
0.69	2.28	0.46	1.90	0.24	4.94
0.70	2.31	0.46	1.93	0.24	4.93
0.71	2.33	0.47	1.96	0.24	4.92
0.72	2.34	0.47	2.00	0.23	4.89
0.73	2.35	0.48	2.03	0.23	4.87
0.74	2.36	0.48	2.07	0.23	4.84
0.75	2.36	0.49	2.11	0.23	4.81
0.76	2.36	0.49	2.15	0.23	4.76
0.77	2.35	0.49	2.20	0.22	4.72
0.78	2.34	0.50	2.24	0.22	4.67
0.79	2.26	0.50	2.38	0.21	4.48
0.80	2.17	0.50	2.52	0.19	4.30

7 CONCLUSIONI

Nel tratto a monte delle opere di presa del tratto intubato, fatta eccezione per il trasporto solido e di detrito vegetale in galleggiamento, il Rio Garigliano non presenta particolari criticità.

Per fronteggiare il trasporto solido è stata prevista la messa in opera di una rete anti debris-flow, non oggetto della presente relazione che è invece indirizzata alla determinazione delle portate di piena e della valutazione dell'efficienza idraulica del primo tratto intubato.

Si riporta l'estratto della circolare 21 gennaio 2019, n7 C.S.LL.PP.: ***Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.***

Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s. L'evento da assumere a base del progetto di un tombino ha comunque tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti. La scelta dei materiali deve garantire la resistenza anche ai fenomeni di abrasione e urto causati dai materiali trasportati dalla corrente.

Oltre a quanto previsto per gli attraversamenti dalla Norma, nella Relazione idraulica è opportuno siano considerati anche i seguenti aspetti:

- *è da sconsigliare il frazionamento della portata fra più canne, tranne nei casi in cui questo sia fatto per facilitare le procedure di manutenzione, predisponendo allo scopo luci panconabili all'imbocco e allo sbocco e accessi per i mezzi d'opera;*
- *sono da evitare andamenti planimetrici non rettilinei e disallineamenti altimetrici del fondo rispetto alla pendenza naturale del corso d'acqua.*
- *per sezioni di area maggiore a 1,5 m² è da garantire la praticabilità del manufatto;*
- *il tombino può funzionare sia in pressione che a superficie libera, evitando in ogni caso il funzionamento intermittente fra i due regimi: nel caso in una o più sezioni il funzionamento sia in pressione, la massima velocità che si realizza all'interno dello stesso tombino non dovrà superare 1,5 m/s;*
- *nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione, garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m;*
- *il calcolo idraulico è da sviluppare prendendo in considerazione le condizioni che si realizzano nel tratto del corso d'acqua a valle del tombino;*
- *la tenuta idraulica deve essere garantita per ciascuna sezione dell'intero manufatto per un carico pari al maggiore tra: 0,5 bar rispetto all'estradosso o 1,5 volte la massima pressione d'esercizio;*
- *il massimo rigurgito previsto a monte del tombino deve garantire il rispetto del franco idraulico nel tratto del corso d'acqua a monte;*
- *nel caso sia da temersi l'ostruzione anche parziale del manufatto da parte dei detriti galleggianti trasportati dalla corrente, è da disporre immediatamente a monte una varice presidiata da una griglia che consenta il passaggio di elementi caratterizzati da dimensioni non superiori alla metà della larghezza del tombino; in alternativa il tombino è da dimensionare assumendo che la sezione efficace ai fini del*

deflusso delle acque sia ridotta almeno alla metà di quella effettiva. È in ogni caso da garantire l'accesso in alveo ai mezzi necessari per le operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria da svolgere dopo gli eventi di piena;

- *i tratti del corso d'acqua immediatamente prospicienti l'imbocco e lo sbocco del manufatto devono essere protetti da fenomeni di scalzamento e/o erosione, e opportune soluzioni tecniche sono da adottare per evitare i fenomeni di sifonamento.*

Nel caso il tombino sia opera provvisoria, ovvero a servizio di un cantiere, le precedenti disposizioni possono essere assunte come elementi di riferimento, tenendo opportunamente conto del tempo di utilizzo previsto per l'opera provvisoria stessa.

Il tratto intubato esistente, costituito da una tubazione cilindrica in calcestruzzo vibrato avente un diametro di 800 mm, durante i fenomeni pluviometrici intensi aventi una portata pari a 1,74 m³/s (portata con tempo di ritorno di 200 anni) il tirante idrico all'interno della tubazione è pari al 66,6% dell'altezza.

Il manufatto esistente è in grado di smaltire la portata liquida che il Rio Garigliano trasporta durante i fenomeni di piena, ma non è sufficiente nel caso in cui il trasporto solido non venga trattenuto a monte causando possibili otturazioni e quindi allagamenti.

In tale ottica si prevede di mantenere il diametro di 800 mm anche per la nuova tubazione, a quota ribassata, che affiancherà quella esistente allo scopo di predisporre la completa disgiunzione delle acque bianche dalle condotte delle acque miste che raccolgono occasionalmente scarichi fognari di acque nere e grigie provenienti dalle abitazioni circostanti le tubazioni.